



TITLE:

メタン発酵消化液の肥効に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

松原, 圭佑

CITATION:

松原, 圭佑. メタン発酵消化液の肥効に関する研究. 京都大学, 2019, 博士 (農学)

ISSUE DATE:

2019-01-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21469>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	松原 圭佑
論文題目	メタン発酵消化液の肥効に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>生ゴミや家畜糞、下水処理汚泥などの有機性廃棄物を嫌気発酵させてメタンを生成させるメタン発酵が、バイオマスからのエネルギー回収の手段として実用化されている。この発酵過程において、有機物を構成する炭素原子は二酸化炭素を経てメタンに、窒素はアンモニアに、硫黄は硫化水素にそれぞれ還元され、生成したメタンは気相に回収されて燃料やC1化合物として利用される。メタン回収後の発酵消化液には、タンパク質や核酸、細胞内液に由来するアンモニウムイオンやリン酸イオン、カリウムイオンなどの植物栄養元素が存在する。メタン発酵施設が牧草地に立地している場合、消化液は草地への肥料として直接散布されるが、牧草地などの後背地がない場合には浄化处理されて放水される。嫌気発酵処理では水も揮発しないので、大量の消化液が発生し、この消化液の浄化处理に費用がかかることがメタン発酵が普及しない要因の一つとなっている。そこで本研究ではこの消化液を農耕地で作物の肥料として利用するための方策について検討した。</p> <p>第1章では消化液の利用についてのわが国の研究成果を総括し、これまでの試行において指摘されてきた消化液の農業利用における問題点を総括している。</p> <p>第2章では、本研究で主に使用した京都府南丹市にあるメタン発酵施設八木バイオエコロジーセンターの2009年から6年間にわたる消化液の組成変化を分析し、消化液が約0.4%の窒素を含有し、その60%に相当する約0.24%がアンモニウム態窒素であること、リン酸、加里の含有率が0.1%、0.5%であることを示した。</p> <p>第3章では、この消化液と1/5000aポット、1/2000aポットを用いて水稻を栽培し、消化液の施用量と生育量、モミ収穫量の関係を検討した。この中で、消化液に含まれるアンモニウムイオンは重炭酸塩として存在するので田面に施用された直後からアンモニアとして揮散し、その結果として水稻に利用されるアンモニウム態窒素が減少すること（利用率が低下すること）、消化液のpHを低下させてアンモニアの揮散を抑制するとこの利用率を向上させることができること、を示した。さらに水田土壌を深さ35cmに充填した1/100a（1㎡）コンテナを用いて、消化液施用区のもみ収穫量と、同濃度のアンモニウムイオンを含む硫酸アンモニウム施用区のそれを比較した。6年間の連作栽培試験から、消化液をその水田の慣行窒素施肥量と同量になるアンモニウム態窒素を含むように施用すると、消化液施用区の生育は硫酸アンモニウム施用区に劣らないことを明らかにした。消化液アンモニウム態窒素を重窒素で標識して水稻による吸収利用率を算出したところ、消化液アンモニウム態窒素の</p>			

吸収利用率は硫酸アンモニウム窒素に劣るが、消化液に0.16%含まれている有機態窒素の約25%が土壌中で無機化を受けてアンモニウムイオンとなってイネに吸収されるため、モミ収量には有意差がなくなることが判明した。さらに施用当年に吸収されなかった有機態窒素は土壌に蓄積し、土壌の窒素含有率を次第に増加させることを示した。

消化液に含まれるアンモニウム態窒素が揮散しやすいことが消化液の窒素肥効に再現性が得られない理由であることが判明したので、消化液施用時に、糖や稲わらなどの炭素源を同時施用して、消化液のアンモニウムイオンを微生物菌体に取り込ませて消化液の散布時期を拡大する可能性を検討した。特に水稻収穫後の秋の水田に消化液と炭素源を同時施用して翌春の水稻に利用させることを期待したが、消化液アンモニウム態窒素の利用率は大きくは向上せず、実用的なレベルには達しなかった（第3章）。

さらに、栽培期間がイネよりも短い葉物野菜（コマツナ）に対して施用すること（第4章）と、消化液を加温して通気することでアンモニウム態窒素を単離し、通気後の加温消化液を煮詰めて有機態窒素-リン酸-カリウムを含む混合肥料を製造すること（第5章）を試みた。消化液を葉物野菜に施用した場合、施用直後にはアンモニウム態窒素が揮散するものの化成肥料と同等の肥効を示し、さらに水が多いため、施肥が灌水の機能を果たすことも示され、消化液散布作業の作業性がさらに改善されれば、消化液は畑作物への肥料としても十分に使用できることが明らかになった。第5章では、市販されている木酢液蒸留装置を改造して消化液蒸留装置を作成し、80℃で通気蒸留することでアンモニウム態窒素を分離できることを実証した。

これらの研究結果に基づき、有機性廃棄物をメタン発酵（嫌気発酵処理）すると、反応が密閉容器内で進行するため、廃棄物や発酵過程からの臭気や揮発性生成物が大気に拡散せず、その上、エネルギー源としてのメタン、作物栽培の肥料としてのアンモニア、リン酸、カリウムを回収できることから、有機物の嫌気発酵処理が今後の持続可能社会を形成していくための強力なツールとなると第6章で総括している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

人口の増加に見合う食料を生産するため、ハーバー・ボッシュ法によるアンモニア合成－窒素肥料生産量－耕地への施肥量は増加の一途をたどっている。食料が大量に必要とされる一方で、過剰の窒素施肥による環境の富栄養化、化石燃料の大量使用による大気中の温室効果ガス濃度の増加－地球温暖化－が進行している。食料の増産と環境の保全、現代農業はこの相反する要求にさらされている。本研究は、有機性廃棄物を嫌気発酵処理する過程で生じるメタンガスをエネルギー源として用いる場合に副生物として生じるアンモニア、菌体タンパク質、リン酸、カリウムを肥料として再利用するための基本的な知見を得ることを目的として遂行された。評価できる点として以下の5つの点を挙げる。

1. これまでのメタン発酵消化液の農耕地利用における既報研究を概観し、消化液利用に当たっての負の評価が生じた理由を科学的に解明した。
2. 本研究で使用したメタン発酵プラントで発生する消化液組成の変動を6年間にわたって追跡し、アンモニウム態窒素が消化液肥効の主成分であること、アンモニウムイオンの対イオンが重炭酸イオンであることを示し、それゆえにアンモニアが揮散しやすいことを示した。
3. メタン発酵消化液を用いた6年間にわたるイネの栽培実験から、実際の水田における消化液の施用至適量を明らかにした。さらに至適施用量を連用した場合の土壌への有機物の蓄積量が予想値を下回り、連用しても土壌を劣化させないことを示した。これらの点を内包した、消化液を水田稲作に施用するためのガイドラインを作成した。この中で、消化液を施用後直ちにすき込むことの重要性を指摘した。
4. 消化液の肥効を不安定化させるアンモニウムイオンは加温通気するだけで分離できること、通気後に残った消化液に含まれるリン酸塩はマグネシウムアンモニウムリン酸やリン酸カリウムの形で肥料として利用できることを示した。
5. 消化液は施用方法を工夫することで全ての作物に肥料として利用できることを実証した。

以上のように、本研究は植物栄養学、肥料学、植物生理学、発酵生理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年12月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）